

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
22. März 2001 (22.03.2001)

PCT

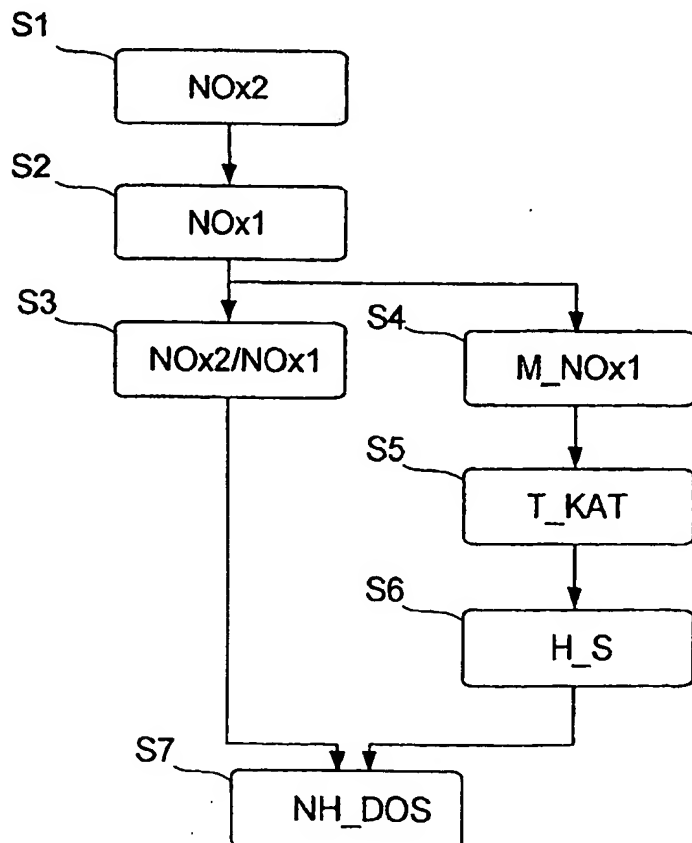
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/19499 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B01D 53/94**, (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
F01N 3/20, 11/00 **US**): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]**;
Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE00/03110** (72) Erfinder; und
- (22) Internationales Anmeldedatum: **7. September 2000 (07.09.2000)** (75) Erfinder/Anmelder (nur für **US**): **FELDMANN, Uwe**
[DE/DE]; Eichstätter Strasse 8, D-86673 Bergheim (DE).
- (25) Einreichungssprache: **Deutsch** (74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGE-**
SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München
(DE).
- (26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch** (81) Bestimmungsstaaten (national): **JP, US.**
- (30) Angaben zur Priorität: **199 44 009.3 14. September 1999 (14.09.1999) DE** (84) Bestimmungsstaaten (regional): **europäisches Patent (AT,**
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **METHOD FOR OPERATING AN SCR CATALYST**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES SCR-KATALYSATORS**



(57) Abstract: The aim of the invention is to operate an NO_x catalyst in the exhaust-gas section of an internal combustion engine. To this end, the real efficiency (NO_{x2}/NO_{x1}) is detected and compared to a desired efficiency (H_S) that is dependent upon the working temperature. Dosage of the reduction means is carried out in such a way that the real efficiency (NO_{x2}/NO_{x1}) approaches the desired efficiency (H_S).

(57) Zusammenfassung: Zum Betrieb eines NO_x-Katalysators im Abgastrakt einer Brennkraftmaschine wird der Ist-Wirkungsgrad (NO_{x2}/NO_{x1}) ermittelt und mit einem betriebstemperaturabhängigen Soll-Wirkungsgrad (H_S) verglichen. Die Reduktionsmitteldosierung erfolgt dann so, daß der Ist-Wirkungsgrad (NO_{x2}/NO_{x1}) sich dem Soll-Wirkungsgrad (H_S) annähert.



WO 01/19499 A1



Veröffentlicht:

- Mit internationalem Recherchenbericht.
- Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen.

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Beschreibung

Verfahren zum Betrieb eines SCR-Katalysators.

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines SCR-Katalysators im Abgastrakt einer Brennkraftmaschine.

Zur Verringerung des NO_x-Gehaltes im Abgas einer mit Luftüberschuß betriebenen Brennkraftmaschine ist das sogenannte Selectiv-Catalytic-Reduction-Verfahren bekannt. Dabei
10 wird an einer Stelle vor einem Katalysator ein Reduktionsmittel in das Abgas eingespritzt und so im Abgas enthaltenes NO_x in einem sogenannten SCR-Katalysator zu N₂ reduziert. Hierzu sei auf die Veröffentlichung Schöppe et al. „Ein geregeltes
15 Abgasnachbehandlungssystem zur Erfüllung zukünftiger Emissionsgrenzwerte bei PKW-Dieselmotoren“, 17. Internat. Wiener Motorensymposium, 1996, Bd. 1, verwiesen. Als Reduktionsmittel kann Ammoniak dienen, aus Gründen der Handhabbarkeit wird üblicherweise eine wässrige Harnstofflösung oder pulverförmiger Harnstoff eingesetzt. Es ist auch bekannt, Kraftstoff
20 oder Derivate als Reduktionsmittel zu verwenden.

Beim SCR-System, wie es beispielsweise aus DE 43 15 278 A1 bekannt ist, wird vom Steuergerät der Brennkraftmaschine
25 fortlaufend die Sollmenge der Reduktionsmitteldosierung berechnet. Dazu benötigt das Steuergerät den momentanen Reduktionsmittelbedarf. Dieser wird aus Betriebsparametern der Brennkraftmaschine, wie Luftmasse, Betriebstemperatur oder Last berechnet, indem der Füllstand an Reduktionsmittel im
30 SCR-Katalysator modelliert wird.

Um etwaige Ungenauigkeiten in der Modellierung dieses Füllstandes tolerieren zu können, wird zum real möglichen Maximalfüllstand ein Sicherheitsabstand eingehalten, damit eine
35 Ammoniakemission sicher verhindert ist. Dadurch ist die Leistungsfähigkeit des SCR-Katalysators nicht voll ausgenutzt.

Darüber hinaus ist die Modellierung des Füllstandes, für die die Beladungsfähigkeit des SCR-Katalysators berechnet werden muß, relativ datenverarbeitungsaufwendig.

- 5 Aus der DE 43 34 071 C1 ist eine Abgasreinigungsanlage bekannt, bei der der Datenverarbeitungsaufwand zur Reduktionsmitteldosierung herabgesetzt ist. Dies wird dadurch erreicht, daß ein spezieller NO/NH₃-Detektor im Abgastrakt hinter dem SCR-Katalysator angeordnet ist. Der elektrische Widerstand
10 des durch ein spezielles Sputter-Verfahren hergestellten Detektors ist dann am größten, wenn die Umsetzung von Stickstoffmonoxid zu Stickstoff und Wasser stöchiometrisch abläuft. Das Konzept der DE 43 34 071 C1 erkaufte sich den Vorteil einfacherer Datenverarbeitung somit durch den Einsatz
15 eines besonderen, relativ teureren Detektors.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betrieb eines SCR-Katalysators zu schaffen, mit dem die Leistungsfähigkeit des Katalysators voll ausgenutzt wird und
20 das dennoch nicht den Datenverarbeitungsaufwand des Standes der Technik mit sich bringt ohne auf spezielle Detektoren angewiesen zu sein.

Diese Aufgabe wird durch die in Anspruch 1 gekennzeichnete
25 Erfindung gelöst.

Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, daß der Wirkungsgrad des SCR-Katalysators u.a. von der Reduktionsmitteldosierung abhängt. Deshalb wird der Ist-Wirkungsgrad, beispielsweise aus NO_x-Konzentrationen stromauf und stromab des SCR-Katalysators bestimmt und mit einem betriebsabhängigen Soll-Wirkungsgrad verglichen, um die Reduktionsmitteldosierung so zu steuern, daß der Ist-Wirkungsgrad den Soll-Wirkungsgrad erreicht. Dadurch wird zum einen die Leistungsfähigkeit des
30 SCR-Katalysators voll ausgenutzt, zum anderen ist der Rechenaufwand relativ gering. Die Bestimmung des Beladungsgrades des SCR-Katalysators oder Füllstandsberechnungen können ent-
35

fallen. Statt dessen muß lediglich der Ist-Wirkungsgrad berechnet werden, was beispielsweise durch eine simple Verhältnissbildung der NO_x-Konzentration stromauf und stromab des SCR-Katalysators erreicht werden kann. Der Soll-Wirkungsgrad
5 ergibt sich auf einfache Weise aus dem NO_x-Gehalt stromauf des SCR-Katalysators und dessen Betriebstemperatur und kann beispielsweise einem geeigneten Kennfeld entnommen werden.

Weiter ermöglicht das Verfahren die Diagnose eines defekten
10 Katalysators, wenn der Ist-Wirkungsgrad einen Schwellenwert unterschreitet. Wählt man weiter einen bestimmten Betriebszustand mit konstanter Last und dosiert dabei eine vorbestimmte, konstante Harnstoffmenge zu, so kann man den beispielsweise kennfeldhinterlegten Soll-Wirkungsgrad an diesem Betriebspunkt korrigieren, wenn der Ist-Wirkungsgrad den
15 Schwellenwert zwar nicht unterschreitet, aber dennoch unter dem Soll-Wirkungsgrad bleibt. Der dabei ermittelte Korrekturfaktor kann beim weiteren Betrieb des SCR-Katalysators Berücksichtigung finden.

20

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

25

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnung in einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

30

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit SCR-Abgasreinigungssystem und

Fig. 2 ein Flußdiagramm der Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

35

In Fig. 1 ist schematisch eine Brennkraftmaschine mit SCR-Abgasreinigungsanlage dargestellt, wobei nur diejenigen Komponenten gezeigt sind, die für das Verständnis der Erfindung wesentlich sind. Eine Brennkraftmaschine 1 hat einen Abga-

strakt 3, in dem sich ein SCR-Katalysator 4 befindet. Strom-
auf des SCR-Katalysators 4 ist eine Einspritzdüse 7 angeord-
net, die von einem Harnstoffbehälter 8 gespeist wird. Strom-
auf dieser Einspritzdüse 7 befindet sich im Abgastrakt 3 ein
5 NOx-Meßaufnehmer 6. Ein weiterer NOx-Meßaufnehmer 5 ist
stromab des SCR-Katalysators 4 angeordnet. Ein Steuergerät 2
steuert den Betrieb der Brennkraftmaschine 1 und ist über
nicht näher bezeichnete Leitungen zusätzlich mit der Ein-
spritzdüse 7 und den NOx-Meßaufnehmern 5 und 6 verbunden. Am
10 SCR-Katalysator 4 befindet sich noch ein Temperaturfühler 9,
der ebenfalls an das Steuergerät 2 angeschlossen ist.

Im Betrieb der Brennkraftmaschine 1 wird über die Einspritz-
düse 7 aus dem Harnstoffbehälter 8 Harnstoff in das Abgas
15 eingespritzt. Dieser Harnstoff wird im heißen Abgastrakt 3
hydrolisiert. Zur Verbesserung dieser Hydrolyse kann zwischen
Einspritzdüse 7 und SCR-Katalysator 4 noch ein (nicht darge-
stellter) Hydrolyse-Katalysator vorgesehen sein. Es ist aber
auch möglich, andere Reduktionsmittel anstelle von Harnstoff
20 zu verwenden, z.B. Kohlenwasserstoffe wie Kraftstoff.

Zur Ermittlung der optimalen Harnstoffdosis, die von der Ein-
spritzdüse 7 entsprechen der Ansteuerung durch das Steuerge-
rät 2 abgegeben wird, führt das Steuergerät 2 das folgende,
25 in einem Flußdiagramm in Fig. 2 dargestellte Verfahren durch:

In einem Schritt S1 liest das Steuergerät 2 den NOx-
Meßaufnehmer 5 aus und erfaßt die NOx-Konzentration NOx2. Als
nächstes liest das Steuergerät 2 in einem Schritt S2 den NOx-
30 Meßaufnehmer 6 aus und erfaßt die NOx-Konzentration NOx1
stromauf des SCR-Katalysators 4. In einem Schritt S3 berech-
net das Steuergerät 2 das Verhältnis von NOx2 zu NOx1.

Parallel bestimmt es in einem Schritt S4 den Massenstrom an
35 NOx M_{NOx1} , die dem SCR-Katalysator 4 zugeführt wird. Dazu
ermittelt das Steuergerät 2 zuerst aus ihm bekannten Be-
triebsparametern die durch den Abgastrakt 3 strömende Abgas-

masse. Aus Abgasmassenstrom und der NO_x-Konzentration NO_{x1} ergibt sich dann M_NO_{x1}. Weiter erfaßt das Steuergerät in einem Schritt S5 die Betriebstemperatur T_KAT des SCR-Katalysators 4 durch Auslesen des Temperaturfühlers 9. Aus
5 M_NO_{x1} und T_KAT berechnet das Steuergerät 2 den Soll-Wirkungsgrad H_S in Schritt S6. Dieser Soll-Wirkungsgrad H_S kann beispielsweise aus einem Kennfeld entnommen werden, das über M_NO_{x1} und T_KAT aufgespannt ist. Dieses Kennfeld trägt der Tatsache Rechnung, daß ein SCR-Katalysator einen betrieb-
10 stemperatur- und konzentrationsabhängigen Wirkungsgrad aufweist.

Als nächstes wird in Schritt S7 die Harnstoffdosis NH_DOS bestimmt. Dazu bildet das Steuergerät 2 das Verhältnis aus Ist-
15 Wirkungsgrad, der sich aus NO_{x2}/NO_{x1} ergab, und dem Soll-Wirkungsgrad H_S. Die Reduktionsmitteldosierung erfolgt nun so, daß dieses Verhältnis Eins annimmt. Das heißt, NH_DOS wird um so stärker erhöht, je weiter dieses Verhältnis von Eins entfernt liegt.

20 Da die Hydrolyse von Harnstoff temperaturabhängig ist, wird die Harnstoffdosierung temperaturabhängig nach oben begrenzt.

Zur Diagnose des SCR-Katalysators 4 wird in einem bestimmten
25 Betriebspunkt, an dem die Brennkraftmaschine 1 mit konstanter Last betrieben wird, eine konstante Harnstoffmenge zudosiert. Zu dieser konstanten Harnstoffmenge ist der Soll-Wirkungsgrad H_S bekannt oder kann wie oben anhand der Fig. 2 erläutert errechnet werden. Unterschreitet der Ist-Wirkungsgrad, der
30 auf bekannte Weise berechnet werden kann, einen Schwellenwert, ist der SCR-Katalysator 4 als defekt zu kennzeichnen. Überschreitet der Ist-Wirkungsgrad diesen Schwellenwert nicht, bleibt er jedoch dennoch unter dem Soll-Wirkungsgrad H_S, wird ein Korrekturfaktor ermittelt, der mit dem Soll-
35 Wirkungsgrad H_S verrechnet wird, so daß das Verhältnis aus korrigiertem Soll-Wirkungsgrad und Ist-Wirkungsgrad Eins erreicht. Dieser Korrekturfaktor wird dann bei der weiteren Er-

mittlung des Soll-Wirkungsgrades H_S in Schritt S6 berücksichtigt. Dieses Vorgehen trägt der Tatsache Rechnung, daß ein SCR-Katalysator 4 im stationären Betrieb sehr viel exakter auf den Soll-Wirkungsgrad geführt werden kann als im dynamischen Betrieb.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines SCR-Katalysators im Abgastrakt einer Brennkraftmaschine, bei dem
 - 5 a) der Ist-Wirkungsgrad des SCR-Katalysators ermittelt wird,
 - b) betriebsparameterabhängig ein Sollwirkungsgrad bestimmt wird, und
 - c) eine Reduktionsmitteldosierung stromauf des SCR-Katalysators abhängig von Soll- und Ist-Wirkungsgrad erfolgt.
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Soll-Wirkungsgrad unter Rückgriff auf die Betriebstemperatur des SCR-Katalysators bestimmt wird.
- 15 3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß stromauf und stromab des SCR-Katalysators eine NO_x-Konzentration im Abgas erfaßt und daraus der Ist-Wirkungsgrad des SCR-Katalysators ermittelt wird,
aus Betriebsparametern der Brennkraftmaschine die Abgasmasse
20 ermittelt wird, die durch den Abgastrakt strömt,
die Betriebstemperatur des SCR-Katalysators erfaßt wird und
aus Betriebstemperatur, Abgasmasse und NO_x-Konzentration
stromauf des SCR-Katalysators der Soll-Wirkungsgrad ermittelt
wird.
- 25 4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der SCR-Katalysator als defekt diagnostiziert wird, wenn der Ist-Wirkungsgrad bei bestimmten Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine einen Schwellwert
30 unterschreitet.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die bestimmten Betriebsbedingungen eine Phase mit konstanter Last
sind, bei denen eine konstante Reduktionsmittelmenge zudo-
35 siert wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß, wenn der Ist-Wirkungsgrad den Schwellwert nicht unterschreitet, aber dennoch unter dem Soll-Wirkungsgrad bleibt, ein Korrekturfaktor für den Soll-Wirkungsgrad ermittelt wird.

5

7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Reduktionsmitteldosierung so bemessen wird, daß der Ist-Wirkungsgrad den Soll-Wirkungsgrad erreicht.

10

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Reduktionsmitteldosierung temperaturabhängig nach oben begrenzt wird.

15

9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Reduktionsmitteldosierung abhängig vom Verhältnis zwischen Ist-Wirkungsgrad und Soll-Wirkungsgrad erfolgt.

1/1

FIG 1

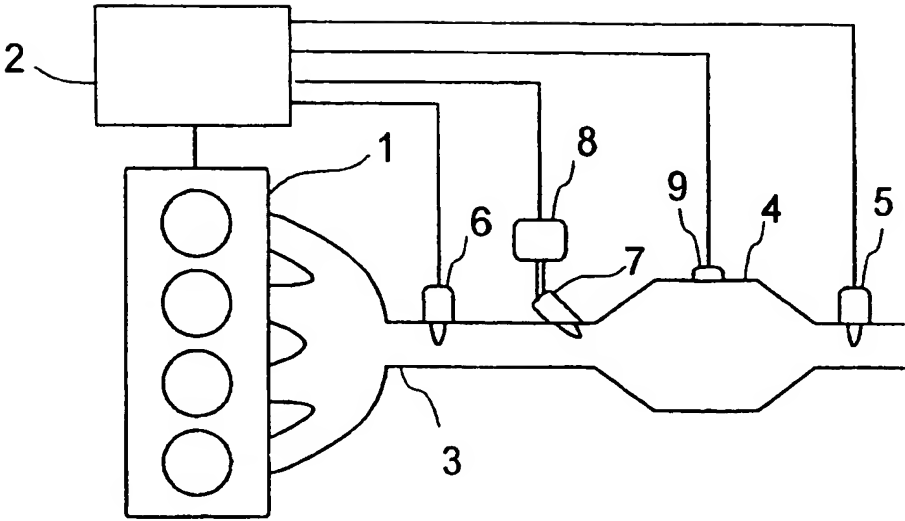
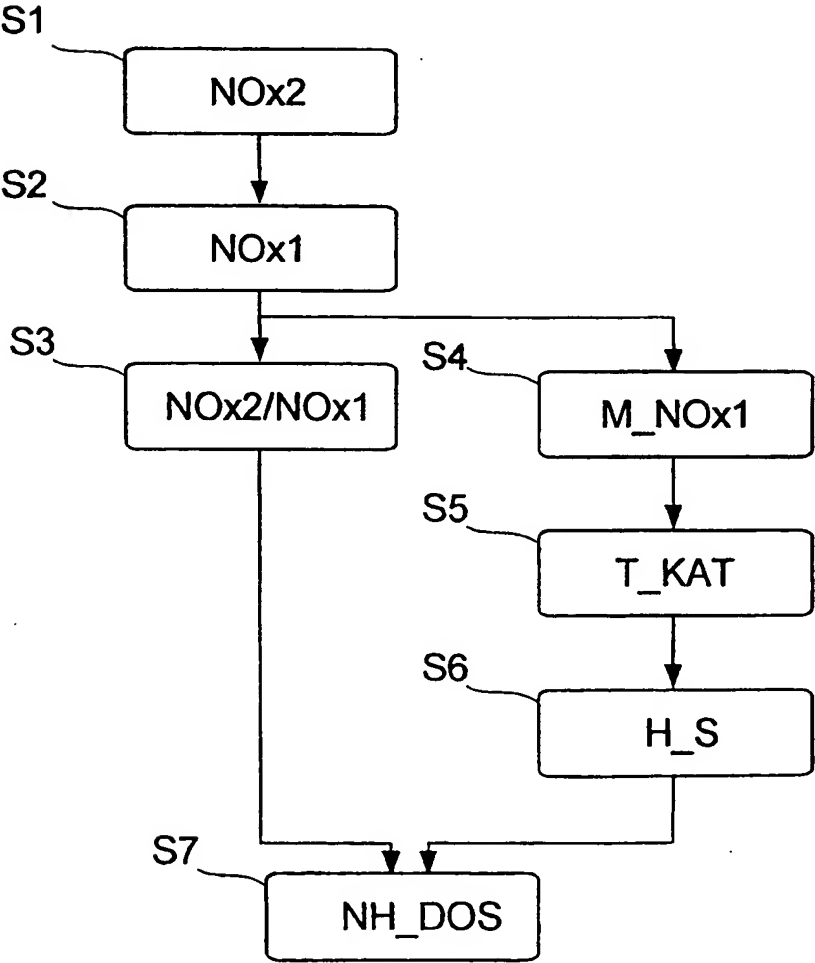


FIG 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 00/03110

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B01D53/94 F01N3/20 F01N11/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B01D F01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, PAJ, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 196 29 163 C (DAIMLER BENZ AG) 9 October 1997 (1997-10-09) column 3, line 28 - line 33 column 3, line 67 -column 4, line 15 column 4, line 52 -column 5, line 25; figure ---	1-7,9
X	EP 0 554 766 A (BASF AG ;DAIMLER BENZ AG (DE)) 11 August 1993 (1993-08-11) column 4, line 22 -column 5, line 24; claims 1-13 ---	1-4,7,9
X	EP 0 898 061 A (MAN NUTZFAHRZEUGE AG) 24 February 1999 (1999-02-24) column 11, line 14 -column 12, line 16; figures 1,5 --- -/--	1-3,7,9

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

5 February 2001

Date of mailing of the international search report

09/02/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL -2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Eijkenboom, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 00/03110

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>DE 43 15 278 A (SIEMENS AG) 10 November 1994 (1994-11-10) cited in the application column 6, line 36 - line 43 column 8, line 42 - line 49; figures 1-4 -----</p>	1-4, 7-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

...information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/03110

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19629163 C	09-10-1997	FR 2753484 A	20-03-1998
		GB 2315569 A, B	04-02-1998
		IT RM970426 A	19-01-1998
		US 5845487 A	08-12-1998
EP 0554766 A	11-08-1993	DE 4203219 A	12-08-1993
		US 6004524 A	21-12-1999
		DE 59301999 D	02-05-1996
EP 0898061 A	24-02-1999	DE 19736384 A	25-02-1999
		US 6119448 A	19-09-2000
DE 4315278 A	10-11-1994	AT 143460 T	15-10-1996
		WO 9427035 A	24-11-1994
		DE 59400746 D	31-10-1996
		EP 0697062 A	21-02-1996
		ES 2091694 T	01-11-1996
		JP 8509795 T	15-10-1996
		US 5628186 A	13-05-1997

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/03110

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>DE 43 15 278 A (SIEMENS AG) 10. November 1994 (1994-11-10) in der Anmeldung erwähnt Spalte 6, Zeile 36 - Zeile 43 Spalte 8, Zeile 42 - Zeile 49; Abbildungen 1-4</p> <p>-----</p>	1-4, 7-9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/03110

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19629163 C	09-10-1997	FR 2753484 A	20-03-1998
		GB 2315569 A,B	04-02-1998
		IT RM970426 A	19-01-1998
		US 5845487 A	08-12-1998
EP 0554766 A	11-08-1993	DE 4203219 A	12-08-1993
		US 6004524 A	21-12-1999
		DE 59301999 D	02-05-1996
EP 0898061 A	24-02-1999	DE 19736384 A	25-02-1999
		US 6119448 A	19-09-2000
DE 4315278 A	10-11-1994	AT 143460 T	15-10-1996
		WO 9427035 A	24-11-1994
		DE 59400746 D	31-10-1996
		EP 0697062 A	21-02-1996
		ES 2091694 T	01-11-1996
		JP 8509795 T	15-10-1996
		US 5628186 A	13-05-1997